

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-135423

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 4 1 S
G 0 3 F 7/20	5 0 4	G 0 3 F 7/20	5 0 4
H 0 1 J 37/147		H 0 1 J 37/147	C
37/305		37/305	B
		H 0 1 L 21/30	5 4 1 E
		審査請求 有	請求項の数18 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-185389

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月30日

(31) 優先権主張番号 9 5 5 8 3 3

(32) 優先日 1997年10月21日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 598086877

タカオ・ウツミ

Taka o U t s u m i

アメリカ合衆国ニュージャージー州07060,

ウォッチャング, リッジ・ロード225

(72) 発明者 タカオ・ウツミ

アメリカ合衆国ニュージャージー州07060,

ウォッチャング, リッジ・ロード225

(74) 代理人 弁理士 竹内 澄夫 (外1名)

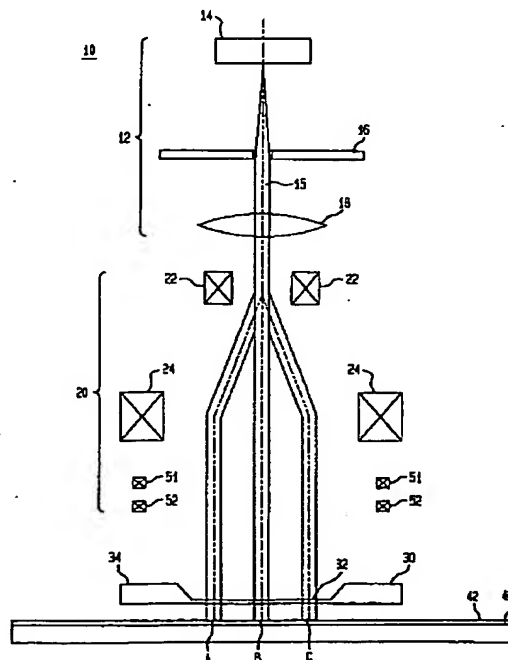
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低エネルギー電子ビームのリソグラフィ

(57) 【要約】

【課題】 サブミクロの大きさの最小の特徴をパターンとして描くための十分なスループットおよび精度をもつ、低エネルギー電子ビームの近接投射リソグラフィ用のシステムを提供する。

【解決手段】 低エネルギー電子ビームのリソグラフィ・システムが、約3ミクロンアンペアの2KeVの電子ビーム、約0.5ミクロンに薄化した膜をもつ単結晶性シリコンウェハから形成され、厚さが約0.1ミクロンの、電子ビーム感応性レジストで被覆された基板から約50ミクロンだけ離されるマスクを使用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上のレジストにパターンを描くシステムであって、電子ビームのソースと、電子ビームの径路に配置されるマスクと、電子ビームおよびマスクの径路にある、電子ビーム感应性レジストで被覆された基板と、を含み、レジストは極めて薄く、ビームを加速する電圧は、近接効果が重大とならない程度に十分に低く、ビームのパワーは、マスク、電子ビーム感应性レジストおよび基板の加熱がまた重大とならない程度に十分に低く、ビームの電子密度は、空間電荷効果が重大とならない程度に十分に低く、電子ビーム加速電圧は約2KeVであり、マスクは、レジストで被覆された基板から約50ミクロンの所に位置し、レジストの厚さは約0.1ミクロンであり、電子ビーム電流は約3マイクロアンペアであり、ビームの直径は約1.0ミリメートルであり、マスクは、いかなる吸収層を必要としない単結晶性シリコンのステンシルマスクであり、かつ約0.5ミクロンの厚さをもつことを特徴とするシステム。

【請求項2】さらに、マスクに本質的に垂直で、本質的に平行なビームのように、ビームを偏向する手段を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】さらに、システムの歪みを正すために、マスク面上のピボットにおける、ビームの傾斜を制御する手段を含む、請求項2に記載のシステム。

【請求項4】偏向手段は第一の偏向コイルであり、制御手段は第二の偏向コイルである、請求項3に記載のシステム。

【請求項5】シリコン集積回路の製造において、レジストで被覆されたシリコンウェハにパターンを描くための方法であって、0.03から0.3ミクロンの範囲の厚さを持ち、パターンが描かれる電子ビームレジスト層を一面に有するシリコン基板を電子ビーム露出装置に配置する工程と、シリコン基板の、レジストで被覆された面に近接するが、約10から300ミクロンの間の距離だけそこから離して、パターンが描かれたマスクを配置する工程と、パターンが描かれたマスク全体わたって、加速電圧が約1から4KeVの範囲で、ビーム電流が約20ミクロンに達する電子ビームをマスクに実質的に垂直に走引する工程と、を含み、これにより、レジストにはマスクの、重大な加熱を伴わずにパターンが描かれる、ところの方法

【請求項6】電子ビーム加速電圧は約2KeVであり、マスクは、レジストで被覆された基板から約50ミクロンの所に位置し、レジストの厚さは約0.1ミクロンであり、電子ビーム電流は約3マイクロアンペアであり、ビームの直径は約1.0ミリメートルであり、マスクは、いかなる吸収層を必要としない単結晶性シリコンのステンシルシリコンであり、かつ約0.5ミクロンの厚さをもつ、ところの請求項5に記載のレジストで被覆されたシリコン基板にパターンを描く方法。

【請求項7】マスクは吸収層を必要としない、請求項1

に記載のシステム。

【請求項8】半導体基板上のレジストにパターンを描くシステムであって、加速電圧が約1から4KeVの範囲にあり、電流が約0.3マイクロアンペアと20マイクロアンペアとの間にあり、直径が、空間電荷効果が比較的生じない約0.1から5.0ミリメートルの間にある電子ビームのソースと、前記電子ビームの径路にあり、約0.03ミクロンから0.3ミクロンの間の厚さをもつ、電子ビーム感应性レジストで被覆された基板と、電子ビームの径路にあり、電子ビームのソースと、レジストで被覆された基板との間で、かつ約10から30ミクロンの間の距離だけ、レジストで被覆された基板から離れて位置するマスクと、を含み、これにより、近接効果は重大でなくなり、マスク、レジストおよび基板の加熱は重大でなくなり、さらに空間電荷効果は重大でなくなる、ところのシステム。

【請求項9】マスクは、吸収層が不要となるシリコンウェハに、薄い中央の膜を形成する、請求項8に記載のシステム。

【請求項10】さらに、マスクの表面にわたって電子ビームを、マスクおよびレジストで被覆された基板に基本的に垂直に走引する手段を含む、請求項8に記載のシステム。

【請求項11】電子ビームは、電子感应性レジストにおいて、半径が基本的にレジストの厚さの半分となる粗い球形の容積を露出する、請求項8に記載のシステム。

【請求項12】電子ビーム加速電圧は約2KeVである、請求項8に記載のシステム。

【請求項13】マスクは、レジストで被覆された基板から約50ミクロンのところに配置される、請求項8に記載のシステム。

【請求項14】レジストは約0.1ミクロンの厚さをもつ、請求項8に記載のシステム。

【請求項15】ビームの電流は約3ミクロンアンペアである、請求項8に記載のシステム。

【請求項16】ビームの直径は約1ミリメートルである、請求項8に記載のシステム。

【請求項17】マスクは、いかなる吸収層を必要としない、単結晶性シリコンのステンシルマスクであり、約0.2から1.0ミクロンの範囲の厚さを有する、請求項8に記載のシステム。

【請求項18】マスクは、いかなる吸収層を必要としない、単結晶性シリコンのステンシルマスクであり、約0.5ミクロンの厚さを有する、請求項8に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明是集積回路デバイスの製造に関し、特にこのような製造に使用する装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】集積

回路の製造の重要なところは、半導体ウェハ（これは処理後に、集積回路デバイスとするため細かく切断される）の表面上におけるパターンニングである。これらのパターンは、イオン注入領域、接触窓領域、ボンディングパッド領域等のような、集積回路デバイス内のいろいろな領域を画成し、一般的に、集積回路デバイスを形成するシリコンウェハを覆う輻射抵抗材（“レジスト”と言われている）の薄い層に、マスクの幾何学形状パターンを転写することにより形成される。典型的には、マスクのパターンは拡大されており、レジストへの投射のために縮小させる必要がある。

【0003】現在、パターン転写プロセスは、一般的にフォトリソグラフィにより行われ、転写のために使用される輻射線のエネルギーは光学的波長のものである。

【0004】レジストに形成されたパターンの特徴的なところが小さくなると、集積回路内の回路要素のパッケージング密度が高くなるため、転写のために使用する光学輻射線の波長を対応して短くする必要がある。この技術は、レジストに適切にパターンを描くのに必要な輻射線として、光学的な輻射線を有用に使用できる限界に近づいてきているように見える。

【0005】最近では、マスクの幾何学的パターンをレジスト層に転写するときに使用が考えられている、X線、超紫外輻射線、および電子ビームの使用を含む、他の幾つかの技術がある。

【0006】電子ビーム（微細で、精密な制御が行える）が、最近、光学リソグラフィに使用するマスクの用意の際に、主に使用されてきている。シリコンウェハ上のレジストに直接パターンを書くための電子ビームの使用もあるが、このような使用は、少量生産で、高価に販売されるカスタム回路に限定される。

【0007】集積回路の製造の際、レジストにパターンを描くときに使用する、電子ビームの使用について考えられる困難さというのが、このような使用によるスループットの低さであり、電子ビーム露出システムが比較的高価なこともこれに付け加わる。したがって、集積回路の製造において、電子ビーム露出システムの使用の潜在的な見込みは一般的にはなく、このような使用のための市販のシステムを開発する努力は限定されていた。

【0008】“High Throughput Submicron Lithography with electron beam Proximity Printing”（1984年9月発行、Solid State Technology、第210-217頁）と題する論文において説明されている電子ビームリソグラフィ・システムでは、電子ビームが10KeVのエネルギー（これはあるときは非常に低いものと考えられていた）で動作し、ステンシルマスクの厚さが2ミクロンで（在来の場合よりもより薄い厚さである）、マスクとウェハとの間の分離が0.5ミリメートル（500ミクロン）で、これは非常に接近していると考えられていたものである。電子ビーム（直径は約1ミリメートル（1000ミクロン）

で、マスクの領域からすると非常に僅かである）は、偏向コイルの第一の対により、マスクを横切るようにラスタ走査された。偏向コイルの第二の対が、マスク面のピボット点の周りでビームを傾斜させるために使用された。2ミクロンの薄さの中央の膜（membrane）を含んだシリコンウェハがマスクとして機能していた。このようなマスク、および10KeVのエネルギーの電子では、マスクの開口部に向かわない電子を妨げるために、マスク上に適当な金属の吸収層を含むことが必要であった。もしそうしないと、このような電子は薄いシリコンマスクの皮膜を通過し、レジスト上に形成されるべきパターンをぼやかせる。しかし、より厚いシリコンマスクの使用はラインを狭い幅にすることを困難にする。なぜならば、ライン幅対マスク厚のアスペクト比が高いからである。

【0009】しかしながら、この論文は、この分野の研究者に殆どインパクトを与えなかったようで、このような近接投射プリンティングシステムについての努力は1984年に減退してしまった。それどころか、電子ビーム露出システムの研究は、電子ビームに“剛性”を与えるために、電子ビーム中の電子が高いエネルギーをもつというシステムに関するものであった。剛性のあるビームとは、直径がよく制御されるもので、そして非常に良く集束し、シャープな像を作り、さらにまた迷走場の影響を受けないものである。剛性は一般的に、ビーム内の電子のエネルギーまたは速度に関するもので、エネルギーが高くなればなるほど、ビームの剛性は高くなる。

【0010】このような理由から、商業的な使用では、高解像度のために少なくとも50KeVのエネルギーをもつ電子を使用するのが一般的である。このようなビームを利用する装置は一般的に、このような電子のソース、このような電子をビームに集束して、成形し、さらにそのビームをマスクに通す照射システム、およびこのようなビームを、レンズ（レンズの全てが、ビームがレジストに当たる前に5から25分の因子だけマスクパターンを縮小する）に通して投射する投射システムを含む。

【0011】しかし、集積回路中の回路要素の密度が増加し、レジストのパターンの特徴的な大きさが縮小すると、高エネルギーのビームの使用とともに問題が生じてくる。特に、近接効果（これは、下側のシリコンウェハ基板からレジストへの電子の後方散乱の結果、形成されるパターンに歪みをもたらす）が増大してくる。この効果は、レジストに形成されるべきパターンがより微細なるように求められれば求められるほど問題となる。加速電圧が十分に高くなると、より高いエネルギーの電子の前方散乱がレジスト内でほとんどなく、後方散乱した電子が広い範囲に亘り散乱し、その結果レジスト内で、線量が比較的一定となることが明らかになっている。このことは、近接効果を完全に除去することは不可能であるものの、近接効果の補正を容易にする。さらに、電子ビームレジストの特徴は、よりエネルギーをもつ電子、す

なわちより早い電子がレジストのおいて、ほとんど時間を費やすことなく、低エネルギーを堆積するので、それらの感度が、ビーム内の電子のエネルギーが高くなればなるほど、減少する傾向にあることである。したがって、電子がよりエネルギーをもてばもつほど、ある感度に必要な電流は大きくなる（すなわち、ビーム内の電子密度がより高くなる）。また、ビーム内の電子の密度が高くなればなるほど、ビームの焦点をぼかそうとする、レンズシステムの列の中の空間電荷効果（これはパターンのぼけやパターンの解像度の劣化を引き起こす）がより大きくなる。さらに、電流が高くなればなるほど、マスク、レジスト層、さらに基板はより加熱され、投射パターンの歪みはより大きいなる。したがって、必要な精度を維持するために、動作電流を限定しなければならない。そして、このことは装置のスループットに眼界を与える。

【0012】このような問題のいくつかに対処するために、一時は、低エネルギー電子ビームを使用してレジストにパターンを描くことに斬新な関心が展開した。特に、“Low voltage alternative for electron beam lithography” (J Vac. Sci. Tech. B 10(6), 11月/12月。第3094-3098頁)と題する論文が、ビーム内で比較的低いエネルギーをもつ電子を使用することで、近接効果が実質的に減少させ得ることを示す実験を説明している。特に、その論文は、厚さが66ナノメートルのPMMAレジストのあるシリコン基板上で使用される2KeVの電子ビームでもって、近接効果が実質的に減少することを報告している。その研究の主眼は、低エネルギーの電子ビームが、パターンを描くのに有用となる十分に厚いレジストを露出するために潜在的に有用であることを示すことであった。

【0013】低エネルギー電子ビームがレジストにパターンを描くのに役立ちそうであり、潜在的な利点を有すると長い間認められていたが、ボリュームのあるデバイスにおいては、広範囲な商業的使用は結果としてうまくいかなかった。しかし、最近、1.減速界電子ビームカラム、2.多重配列した縮小電子ビームカラム、および3.多重配列した走査トンネル顕微鏡の先端の使用により、低電圧リソグラフィを使用するための実質的な開発努力がなされている。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、量産に対して、サブミクロまたはそれより著しく小さい大きさの最小の特徴をパターン化するために、十分なスループットおよび精度をもつ、低エネルギー電子ビームの近接投射リソグラフィ用のシステム全体に関する。

【0015】本発明のシステムは、典型的に単結晶性シリコンのウェハの、典型的に約0.5ミクロンの厚さの、薄くした膜により形成されたマスクのパターンを極薄の電子ビーム感応性レジストに転写する。このマスクは、

基板に近接するが、典型的に50ミクロンのような、数十ミクロンを越えない間隔がつけられたステンシルマスクである。電子ビームは低電圧、典型的には2KeVで加速され、ビーム電流は比較的小さく、たとえば約3ミクロンアンペアである。電子ビームは、ラスタ若しくはベクトル走査、または飛び越し走査でもよい走査パターンで、マスクに対して垂直に偏向される。

【0016】電子ビームの動作パラメータ、ならびに基板に対するマスクの寸法および間隔は、基板からレジストへの電子の後方散乱が実質的に除去されるようにするものである。また典型的には、マスクの開口部に向かわない電子を吸収するために、マスク全体にわたる原子番号の高い金属の層の必要性が避けられる。

【0017】本発明の好適な実施例の特徴が、他の材料の吸収層を必要とせず、マスクの開口部に向かわない電子の貫通を有効に阻止するのに十分な厚さをもつ一方、マスクの開口に向いた電子が、開口を通過するとき側壁により遮られないような十分に低いアスペクト比を、開口が有するのに十分な薄さをもつシリコンマスクを使用することである。

【0018】本発明の好適な実施例の特徴が、電子ビーム感応性レジスト上への入射電子の全てが、本質的に、レジストにより直接に吸収され、基板に到着するものがほとんどないように、加速電圧と電子ビーム感応性レジストとが関係付けられることである。このことは、レジストの感度を高めるべく、電子ビームの非常に効率的な使用をもたらす、さらに近接効果およびこれに対する補正の必要性の本質的な除去をもたらす。特に、本発明は理想的には、レジストにおいて、大まかにいって半径がレジストの厚さの半分である球の形状をもつ体積を露出することになる。

【0019】装置の態様においては、本発明は、半導体基板上のレジストにパターンを描くための電子ビームリソグラフィ・システムに関する。システムは、電子ビームのソース、電子ビームの径路に配置されたマスク、および電子ビームの径路にあるレジストにより被覆された基板、およびマスクを支持する手段を含む。システムは、電子ビーム感応性レジストが極めて薄く、ビームを加速する電圧が近接効果が重大でない程度に十分に低く、ビームのパワーがマスク、レジスト、および基板の加熱もまた重大でなくなる程度に十分に低く、ビーム内の電子密度が空間電荷効果が重大でなくなる程度に十分に低いことを特徴とする。

【0020】方法の態様においては、本発明は、シリコン集積回路の製造に際して、レジストで被覆されたシリコン基板にパターンを描くプロセスに関する。そのプロセスは、約0.03から0.3ミクロの範囲にある厚さをもつパターンが描かれる、電子ビーム感応性レジストの層が片面にあるシリコン基板を電子ビーム装置に配置する工程と、シリコンウェハの、レジストが層となった表面に

近接するが、間に約10乃至300ミクロンの距離がそこからあくように、パターンが描かれたマスクを配置する工程と、パターンが描かれたマスク全体にわたって、実質的に垂直にして、加速電圧が約1から4KeVの範囲にあり、ビーム電流が約20ミクロンアンペアに達する電子ビームを走引する工程とを含み、これによりマスクが重大に加熱されることなくレジストにパターンが描かれる。

【0021】本発明は、添付図面と関連してなされた以下の詳細な説明により、より理解されよう。

【0022】

【発明の実施の形態】図には、本発明にしたがったシステム（電子ビーム装置）10が示されている。システムは、電子ビーム15を与える電子ソース14、ビーム制限開口16、および基本的に円形の（または適当な）断面の平行ビームに、ビームを形成する集光レンズ18を含む電子銃12、ビームを、ラスタまたはベクトル走査モードのいずれかで、かつマスク30の表面に本質的に垂直にして、基本的に平行なビームとして偏向する偏向コイルの第一および第二の主要セット22、24を含む走査投射システム20を含む。図は三つの分離した部分A、BおよびCの電子ビームを示す。システム10はさらに、偏向コイルの第一および第二の微調整セット51、52を含む。偏向コイル51、52は、システムの歪みを限定し、マスクおよび基板の整合を微調整するために、マスク面のピボットのところで、ビームを僅かに傾斜するために使用される。マスク30（単結晶性シリコンの薄いウェハから成る）は、厚い外縁部分34内の中央に位置した薄い膜32を有している。説明した従来技術では、重大なものとなり、マスクの歪みの主要な原因である吸収層が典型的に避けられる。ワークピースが、シリコンウェハ30の下方、約50ミクロンの間においてあり、パターンが描かれる電子ビーム感応性レジスト42の、極めて薄い層で被覆された比較的大きなシリコンウェハ40から成る。レジストは典型的に、約0.1μの厚さがあるが、厚さが極めて薄く、電子ビームによりパターンが描かれるどのレジストでもよいものである。

【0023】典型的に、このシリコンウェハ40は通常の方法でウェハを進めることができるように支持され、その結果レジストで被覆されたウェハ40の連続した領域が、レジストのパターンかのために適切な時間、電子で順次さらされ得る。

【0024】システム10は、システムを覆うための、適切なハウジング（図示せず）、典型的に真空エンベロープを含む。図面には示されていないが、上述の方法で動作させるのに必要な加速および偏向電圧を形成する種々のパーツがある。

【0025】比較的低い加速電圧、たとえば約2KeVを使用して、電子が、レジスト層42に本質的に完全に吸収され、したがって、入射ビームにより形成されるパターンを歪ませる近接効果を形成する、基板40により後方散乱

する電子がない。さらに、全ての電子がレジストを感応化するために使用されるから、電流は減少する。レジストの高い感応性のため必要な電流がより小さくなるので、マスクを通過しない入射電子によりマスクの、著しい加熱が通常は避けられる。さらに、低エネルギーの電子ビームの浸透範囲が小さいため、マスクは付加的な吸収層を有する必要がない。さらに、加熱効果が小さいために、マスクは歪みが比較的なくなり、通常はこれによりマスクの歪みを補償するための複雑な補助方法の必要性をなくす。さらにまた、マスクは構造が比較的単純であることから、一枚のシリコンウェハ上にマスク全体を（より容易に行うことが必要される、どのレベルからレベルへのマスクの張り付けも行う）セットすることを容易にする。

【0026】電子ビーム露出システムにおいて、マスクおよびシリコン基板の両方の上に、整合および登録マークを含めること、そしてマスク上のマークと基板上のマークとを整合することは、重要なことである。正しい整合は、マスク上のマークを通り、基板上のマークに至り、基板の背面で収集される電子を検出することにより行われる。基板を通る電流は微量で、重大な近接効果を引き起こさない。

【0027】最後に、このシステムが本質的に低パワーシステムであるから、所望の動作に逆に影響を与え、維持の問題を生じさせるレジストまたは他の材料の蒸発などほとんどない。

【0028】特に、説明してきた特定の値は、今のところ好適な動作のモードについての単なる説明のためのものであり、この値の範囲を、説明してきた望ましくない特定の効果が顕著になることなく使用することができる。たとえば、電子ビーム感応性レジストの厚さは、0.03から0.3ミクロンの厚の範囲にあり、加速電圧は1から4KeVの範囲であり、ビーム電流は約20ミクロンアンペアまでも可能であり、ビームの直径は0.1から5.0ミリメートルの範囲であり、マスクとワークピース（レジストで被覆された基板）との間の距離は10から300ミクロンの範囲であり、マスクは、いかなる吸収層も必要としない単結晶のシリコンのステンシルのマスクであり、かつ約0.2から1.0ミクロンの範囲の厚さをもつ。上述の特定の例において、レジストは約0.1ミクロンの厚さであり、ビーム電流は約3ミクロンアンペアであり、ビームの直径は約1ミリメートルである。好適実施例において、マスクは、いかなる吸収層もいらない単結晶性シリコンのステンシルシリコンであり、約0.5ミクロンの厚さもち、基板から約50ミクロンの距離の間隔があげられている。

【0029】特定の好適な好適実施例は、本発明の一般的な原理を単に説明するためのもので、当然に本発明の思想および範囲から逸脱することなく当業者であれば他の実施例を思いつくであろう。

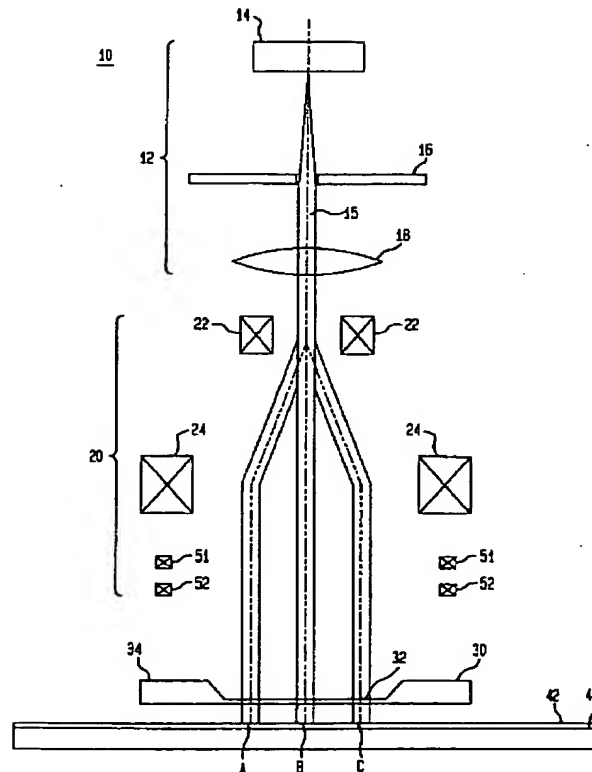
【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を図示した低エネルギービームのリソグラフィ・システムを略示する。

【符号の説明】

10 システム	12 電子銃	22 偏向コイル	24 偏向コイル
14 電子ソース	15 電子ビーム	30 マスク	32 皮膜
16 開口	20 走査投	34 外縁部分	40 ウェハ
		42 レジスト	51 偏向コイル
		52 偏向コイル	

【図 1】



【手続補正書】

【提出日】平成10年9月17日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】半導体基板上のレジストにパターンを描くためのシステムであって、電子ビームのソースと、電子ビームの径路に配置されるマスクと、電子ビームおよびマスクの径路にある、電子ビーム感応性レジストで被覆された基板と、を含み、レジストは極めて薄く、ビームを加速する電圧は、近接効果が重大とならない程度に十

分に低く、ビームのパワーは、マスク、電子ビーム感応性レジストおよび基板の加熱がまた重大とならない程度に十分に低く、ビームの電子密度は、空間電荷効果が重大とならない程度に十分に低く、電子ビーム加速電圧は約2KeVであり、マスクは、レジストで被覆された基板から約50ミクロンの所に位置し、レジストの厚さは約0.1ミクロンであり、電子ビーム電流は約3マイクロアンペアであり、ビームの直径は約1.0ミリメートルであり、マスクは、いかなる吸収層を必要としない単結晶性シリコンのステンシルマスクであり、かつ約0.5ミクロンの厚さをもつことを特徴とするシステム。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】さらに、システムの歪みを正すために、マスク面に対するビームの傾斜を制御する手段を含む、請求項2に記載のシステム。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項5

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項5】シリコン集積回路の製造において、レジストで被覆されたシリコンウェハにパターンを描くための方法であって、0.03から0.3ミクロンの範囲の厚さを持ち、パターンが描かれる電子ビームレジスト層を一面に有するシリコン基板を電子ビーム露出装置に配置する工程と、シリコン基板の、レジストで被覆された面に近接するが、約10から300ミクロンの間の距離だけそこから離して、パターンが描かれたマスクを配置する工程と、パターンが描かれたマスク全体にわたって、加速電圧が約1から4KeVの範囲で、ビーム電流が約20マイクロアンペアに達する電子ビームをマスクに実質的に垂直に走引する工程と、を含み、これにより、レジストにはマスクの、重大な加熱を伴わずにパターンが描かれる、ところの方法

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項8

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項8】半導体基板上のレジストにパターンを描くシステムであって、加速電圧が約1から4KeVの範囲にあり、電流が約0.3マイクロアンペアと20マイクロアンペアとの間にあり、直径が、空間電荷効果が比較的生じない約0.1から5.0ミリメートルの間にある電子ビームのソースと、前記電子ビームの径路にあり、約0.03ミクロンから0.3ミクロンの間の厚さをもつ、電子ビーム感応性レジストで被覆された基板と、電子ビームの径路にあり、電子ビームのソースと、レジストで被覆された基板との間で、かつ約10から300ミクロンの間の距離だけ、レジストで被覆された基板から離れて位置するマスクと、を含み、これにより、近接効果は重大でなくなり、マスク、レジストおよび基板の加熱は重大でなくなり、さらに空間電荷効果は重大でなくなる、ところのシステム。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項9

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項9】マスクは、単結晶シリコンウェハを材料とし、その中央部の薄い膜上に形成され、吸収層が不要となる、請求項8に記載のシステム。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項15

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項15】ビームの電流は約3マイクロアンペアである、請求項8に記載のシステム

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】“High Throughput Submicron Lithography with electron beam Proximity Printing” (1984年9月発行, Solid State Technology, 第210-217頁) と題する論文において説明されている電子ビームリソグラフィ・システムでは、電子ビームが10KeVのエネルギー（これはあるときは非常に低いものと考えられていた）で動作し、ステンシルマスクの厚さが2ミクロンで（在来の場合よりもより薄い厚さである）、マスクとウェハとの間の分離が0.5ミリメートル（500ミクロン）で、これは非常に接近していると考えられていたものである。電子ビーム（直径は約1ミリメートル（1000ミクロン）で、マスクの領域全体からすると非常に僅かである）は、偏向コイルの第一の対により、マスクを横切るようにラスタ走査された。偏向コイルの第二の対が、マスク面のピボット点の周りでビームを傾斜させるために使用された。2ミクロンの薄さの中央の膜の部分（membrane）を含んだシリコンウェハがマスクとして機能していた。このようなマスク、および10KeVのエネルギーの電子では、マスクの開口部に向かわない電子を妨げるために、マスク上に適当な金属の吸収層を含むことが必要であった。もしそうしないと、このような電子は薄いシリコンマスクの薄い膜を通過し、レジスト上に形成されるべきパターンをぼやかせる。しかし、より厚いシリコンマスクの使用は（描画）ラインを狭い幅にすることを困難にする。なぜならば、ライン幅対マスク厚のアスペクト比が高すぎるからである。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】しかしながら、この論文は、この分野の研究者に殆どインパクトを与えなかったようで、このような近接投射プリンティングシステムについての努力は1984年以後減退してしまった。それどころか、電子ビーム

露出システムの研究は、電子ビームに“剛性”を与えるために、電子ビーム中の電子が高いエネルギーをもつというシステムに向かっていた。剛性のあるビームとは、直径がよく制御されるもので、そして非常に良く集束し、シャープな像を作り、さらにまた迷走場の影響を受けないものである。剛性は一般的に、ビーム内の電子のエネルギーまたは速度に関するもので、エネルギーが高くなればなるほど、ビームの剛性は高くなる。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】このような理由から、商業的な使用では、高解像度のために少なくとも50KeVのエネルギーをもつ電子を使用するのが一般的である。このようなビームを利用する装置は一般的に、電子のソース、電子ビームに集束して、成形し、マスクを照射するシステム、およびレンズを通して、マスクを通過したビームをレジストに5から25分1の比率で縮小、投影する投射システムから成る。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】しかし、集積回路中の回路要素の密度が増加し、レジストのパターンの特徴的な大きさが縮小すると、高エネルギーのビームの使用とともに問題が生じてくる。特に、近接効果（これは、下側のシリコンウェハ基板からレジストへの電子の後方散乱の結果、形成されるパターンに歪みをもたらす）が増大してくる。この効果は、レジストに形成されるべきパターンがより微細になるように求められれば求められるほど問題となる。ただし、加速電圧が高くなると、レジスト内の前方散乱が減少し、基板による後方散乱した電子が広い範囲に亘り散乱し、その結果レジスト内で、線量が比較的一定となることが知られている。このことは、近接効果の補正を容易にすることはあっても近接効果を完全に除去することにはならない。さらに、電子のエネルギーを上げるということは、電子がレジストにおいて、エネルギーを余り放出することなく、速やかに通過してしまうため、電子当たりのレジスト感度が減少する傾向になる。このため、エネルギーが高ければ高いほど、ある感度に必要な電流は大きくなり、したがって、ビーム内の電子密度がより高くなる。また、ビーム内の電子の密度が高くなればなるほど、ビームの焦点がぼけ、パターンの解像度の劣化が引き起こされる。さらに、電流が高くなればなるほど、マスク、レジスト層、さらに基板はより加熱され、投射パターンの歪みはより大きいなる。したがっ

て、必要な精度を維持するために、動作電流を限定しなければならない。そして、このことは装置のスループットに眼界を与える。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】このような問題のいくつかに対処するために、一時は、低エネルギー電子ビームを使用してレジストにパターンを描くことに斬新な関心が展開した。特に、“Low voltage alternative for electron beam lithography” (J Vac. Sci TechB 10(6), 11月/12月。第3094-3098頁)と題する論文が、ビーム内で比較的低いエネルギーをもつ電子を使用することで、近接効果が実質的に減少することを報告している。その研究の一つの主眼は、低エネルギーの電子ビームの使用に必要な非常に薄いレジストを使用しても、レジストのパターンを基板上に充分転写することができることを示すことであった。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】低エネルギー電子ビームがレジストにパターンを描くのに役立つものであり、潜在的な利点を有すると長い間認められていたが、デバイスの量産方式において、広範囲な商業的使用は現在、まだ行われていない。しかし、最近、1. 減速界電子ビームカラム、2.

多重配列した縮小電子ビームカラム、および3. 多重配列した走査トンネル顕微鏡の先端の使用により、低電圧（電子を用いた電子ビーム）リソグラフィを使用するための実質的な開発努力がなされている。

【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】本発明のシステムは、典型的に単結晶性シリコンのウェハの、典型的に約0.5ミクロンの厚さの、薄くした膜により形成されたマスクのパターンを極薄の電子ビーム感応性レジストに転写する。このマスクは、基板に近接するが、典型的に50ミクロンのような、数百ミクロンを越えない間隔で置かれたステンシルマスクである。電子ビームは低電圧、典型的には2KeVで加速され、ビーム電流は比較的小さく、たとえば約3マイクロアンペアで充分ある。電子ビームは、ラスタ若しくはベクトル走査、または飛び越し走査でもよい走査パターンで、マスクに対して垂直に偏向される。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 6】電子ビームの動作パラメータ、ならびに基板に対するマスクの寸法および間隔は、基板からレジストへの電子の後方散乱が実質的に除去されるようにするとともに、マスクの開口部に向かわない電子を吸収するために、マスク全体にわたる原子番号の高い金属の吸収層の必要性がないように選ばれる。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 8

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 8】本発明の好適な実施例の特徴が、電子ビーム感応性レジスト上への入射電子の全てが、本質的に、レジストにより直接に吸収され、基板に到着するものがほとんどないというに、加速電圧と電子ビーム感応性レジストとが関係付けられることである。このことは、レジストの感度を高めるべく、電子ビームの非常に効率的な使用をもたらす、さらに近接効果に対する補正を本質的に不要とする。特に、本発明は理想的には、レジストにおいて、大まかにいって半径がレジストの厚さの半分である球の形状をもつ体積を露出することになる。

【手続補正 1 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 0

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 2 0】方法の態様においては、本発明は、シリコン集積回路の製造に際して、レジストで被覆されたシリコン基板にパターンを描くプロセスに関する。そのプロセスは、約0.03から0.3ミクロンの範囲にある厚さをもつレジストにパターンが描かれる、電子ビーム感応性レジストの層が片面にあるシリコン基板を電子ビーム装置に配置する工程と、シリコンウェハの、レジストが層となった表面に近接するが、間に約10乃至300ミクロンの距離がそこからあくように、パターンが描かれたマスクを配置する工程と、パターンが描かれたマスク全体にわたって、実質的に垂直にして、加速電圧が約1から4KeVの範囲にあり、ビーム電流が約20マイクロアンペアに達する電子ビームを走引する工程とを含み、これによりマスクが重大に加熱されることなくレジストにパターンが描かれる。

【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 2 2】

【発明の実施の形態】図には、本発明にしたがったシステム（電子ビーム装置）10が示されている。システムは、電子ビーム15を与える電子ソース14、ビーム制限開口16、および基本的に円形の（または適当な）断面の平行ビームに、ビームを形成する集光レンズ18を含む電子銃12、ビームを、ラスターまたはベクトル走査モードのいずれかで、かつマスク30の表面に本質的に垂直にして、基本的に平行なビームとして偏向する偏向コイルの第一および第二の主要セット22、24を含む走査投射システム20を含む。図は三つの分離した部分A、BおよびCの電子ビームを示す。システム10はさらに、偏向コイルの第一および第二の微調整セット51、52を含む。偏向コイル51、52は、システムの歪みを限定し、マスクと基板とのアライメントを微調整するために、マスク面に対して（ピボットのように）、ビームを僅かに傾斜するために使用される。マスク30（単結晶性シリコンの薄いウェハから成る）は、厚い外縁部分34内の中央に位置した薄い膜32を有している。説明した従来技術におけるマスクの歪みの主要な原因である吸収層が典型的に避けられる。ワークピースが、シリコンウェハ30の下方、約50ミクロンの間をおいてあり、パターンが描かれる電子ビーム感応性レジスト42の、極めて薄い層で被覆された比較的大きなシリコンウェハ40から成る。レジストは典型的に、約0.1μの厚さであるが、この薄い厚さの電子ビームレジストとして使用できるのであれば、どのレジストでもよいものである。

【手続補正 1 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 2 5】比較的低い加速電圧、たとえば約2KeVを使用して、電子が、レジスト層42に本質的に完全に吸収され、したがって、入射ビームにより形成されるパターンを歪ませる近接効果を形成する、基板40により後方散乱する電子がない。さらに、全ての電子がレジストを感応化するために使用されるから、電流は減少する。レジストの高い感応性のため必要な電流がより小さくなるので、マスクを通過しない入射電子によりマスクの、著しい加熱が通常は避けられる。さらに、低エネルギーの電子ビームの浸透深さが小さいため、マスクは付加的な吸収層を有する必要がない。さらに、加熱効果が小さいために、マスクは歪みが比較的小くなり、通常はこれによりマスクの歪みを補償するための複雑な補助方法の必要性をなくす。さらにまた、マスクは構造が比較的単純であることから、一枚のシリコンウェハ上にマスク全体を（より容易に行うことが必要とされる、どのレベルからレベルへのマスクの張り付けも行う）セットすることを

容易にする。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】電子ビーム露出システムにおいて、マスクおよびシリコン基板の両方の上に、アライメントおよびレジストレーションマークを含めること、そしてマスク上のマークと基板上のマーカーとを整合することは、重要なことである。正しい整合は、マスク上のマークを通り、基板上のマークに至り、基板の背面で収集される電子を検出することにより行われる。基板を通る（すなわち、基板に流れ込む）電流は微量で、近接効果を引き起こさない。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】特に、説明してきた特定の値は、今のところ好適な動作のモードについての単なる説明のためのものであり、この値の範囲を、説明してきた望ましくない特定の効果が顕著になることなく使用することができ。たとえば、電子ビーム感応性レジストの厚さは、0.03から0.3ミクロンの厚の範囲にあり、加速電圧は1から4KeVの範囲であり、ビーム電流は約20マイクロアンペアまでも可能であり、ビームの直径は0.1から5.0ミリメートルの範囲であり、マスクとワークピース（レジストで被覆された基板）との間の距離は10から300ミクロンの範囲であり、マスクは、いかなる吸収層も必要としない単結晶のシリコンのステンシルのマスクであり、かつ約0.2から1.0ミクロンの範囲の厚さをもつ。上述の特定の例において、レジストは約0.1ミクロンの厚さであり、ビーム電流は約3マイクロアンペアであり、ビームの直径は約1ミリメートルである。好適実施例において、マスクは、いかなる吸収層もいらない単結晶性シリコンのステンシルシリコンであり、約0.5ミクロンの厚さをもち、基板から約50ミクロンの距離の間隔があげられている。

フロントページの続き

(71)出願人 598086877

225 Ridge Road, Watchung, New Jersey
07060 United States of America